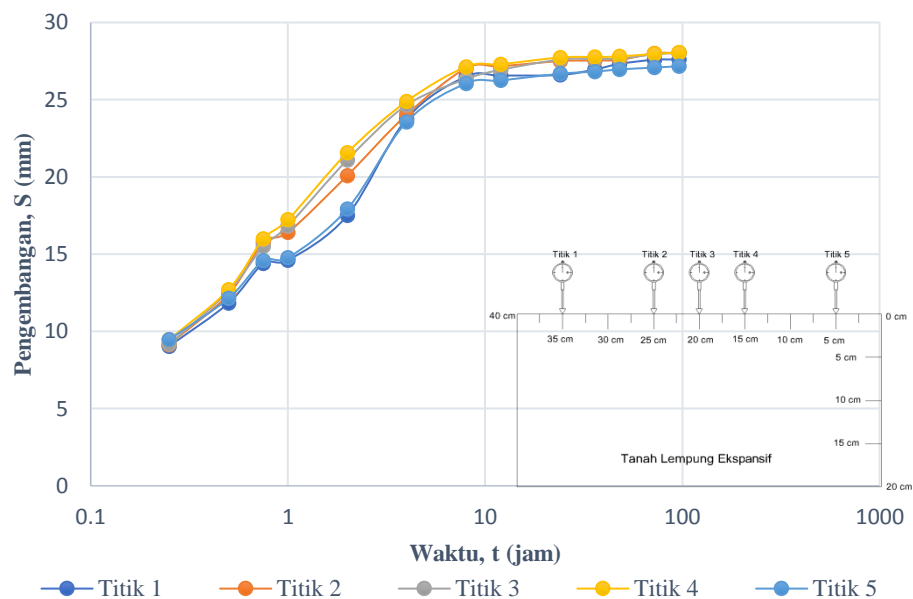


BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Pengembangan Tanah Lempung Ekspansif Tanpa Elektrokinetik

Pengujian pengembangan tanah tanpa proses elektrokinetik dilakukan selama 4 hari sebagai pembandingan pengembangan tanah dengan metode elektrokinetik. Pengembangan tanah diperoleh dari perendaman benda uji dengan air sebesar 8000 ml dan pembacaan arloji diamati dalam 5 titik pada setiap letak *dial gauge* dengan jarak 5 cm antara anoda (+) dan katoda (-). Grafik pengembangan tanah terhadap waktu seperti disajikan pada Gambar 4.1. Berdasarkan grafik pada Gambar 4.1 dapat diketahui bahwa pengembangan tanah bertambah seiring dengan waktu.



Gambar 4. 1 Kurva pengembangan tanah tanpa proses elektrokinetik

Pengembangan primer terjadi selama 10 jam dimana pengembangannya meningkat secara signifikan, selanjutnya diikuti dengan pengembangan sekunder yang relatif konstan. Hal ini dikarenakan sebelum diberi air tanah bersifat kering sehingga pengembangannya lebih cepat, sedangkan setelah 10

jam air akan menyebar ke tanah yang mengakibatkan tanah menjadi jenuh air sehingga pengembangannya relatif konstan. Nilai maksimum pengembangan tanah tanpa elektrokinetik terdapat pada titik 2, 3, dan 4 sebesar 28%, sedangkan nilai minimum pengembangan tanah terdapat pada titik 5 sebesar 27,2% (lihat Tabel 4.1).

Tabel 4. 1 Hasil pengembangan tanpa elektrokinetik

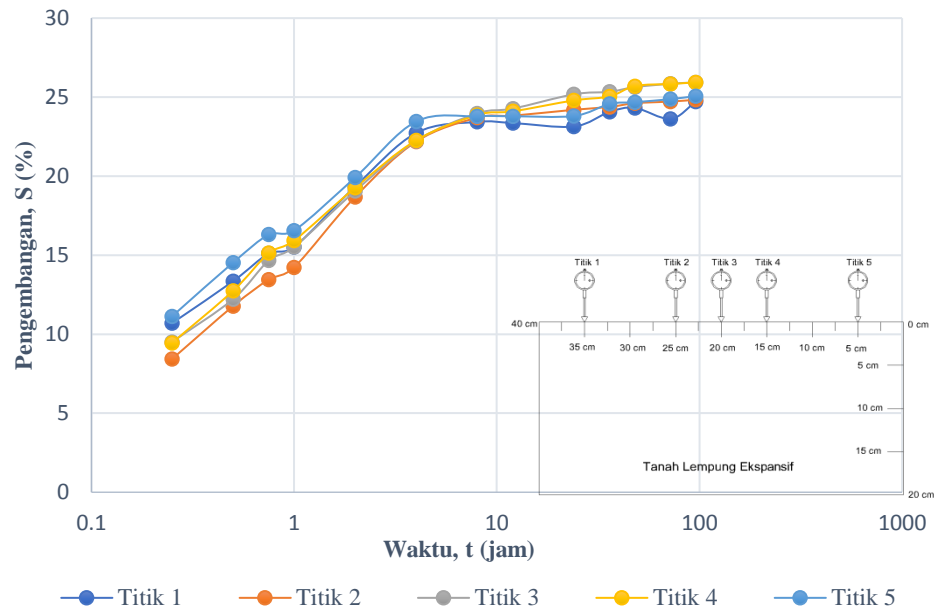
Keterangan	Titik				
	1	2	3	4	5
Pengembangan, S (%)	27,6	28	28	28	27,2

Keterangan : Hasil pengujian secara lengkap dapat dilihat pada lampiran B

2. Pengembangan Tanah Lempung Ekspansif dengan Metode Elektrokinetik

Pengujian pengembangan tanah dengan metode elektrokinetik dilakukan selama 4 hari. Pengembangan tanah diperoleh dari perendaman benda uji dengan air sebesar 8000 ml. Dari hasil pengujian didapat grafik pengembangan tanah terhadap waktu. Berdasarkan grafik dapat diketahui bahwa pengembangan tanah bertambah seiring dengan waktu. Pengembangan primer terjadi selama 10 jam dimana pengembangannya meningkat secara signifikan, selanjutnya diikuti dengan pengembangan sekunder yang relatif konstan. Hal ini dikarenakan sebelum diberi air tanah bersifat kering sehingga pengembangannya lebih cepat, sedangkan setelah 10 jam air menyebar ke tanah yang mengakibatkan tanah menjadi jenuh air sehingga pengembangannya relatif konstan. Besaran voltase yang digunakan pada proses elektrokinetik sebesar 12 volt dengan kedalaman elektroda 10 cm, dan jarak antar elektroda 20 cm. Pengujian pengembangan diamati sebanyak 5 titik pada setiap letak *dial gauge* dengan jarak 5 cm antara anoda dan katoda. Pengujian dengan elektrokinetik dilakukan 3 kali pengujian, yaitu 3 hari pengeringan (benda uji A), 2 hari pengeringan (benda uji B), dan 1 hari pengeringan (benda uji C). Nilai pengembangan maksimum tanah dengan metode elektrokinetik benda uji A terdapat pada titik 3 dan 4 sebesar 25,9%,

sedangkan nilai pengembangan minimum terdapat pada titik 1 sebesar 24,7% (lihat Gambar 4.2 dan Tabel 4.2).



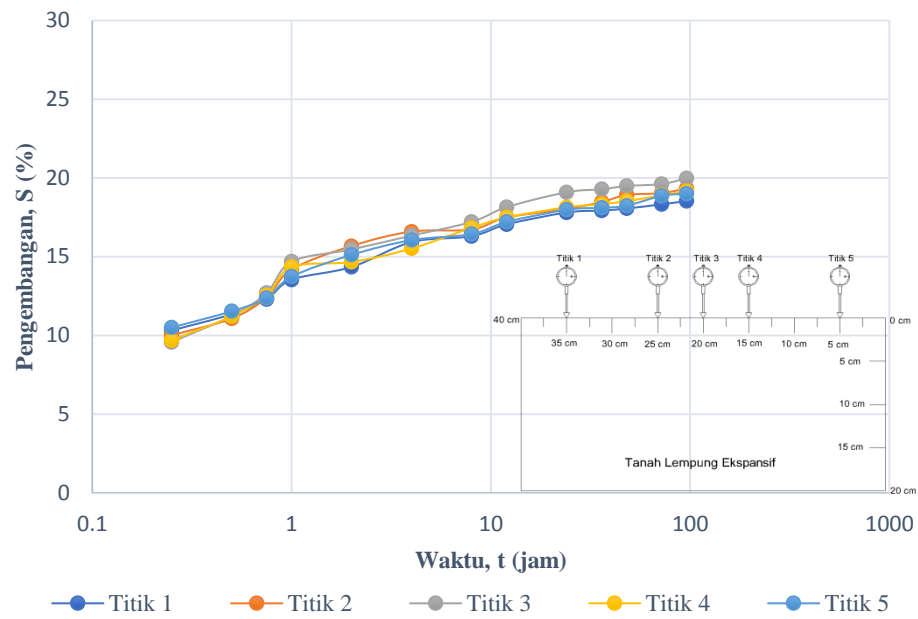
Gambar 4. 2 Kurva pengembangan dengan metode elektrokinetik benda uji A

Tabel 4. 2 Hasil pengembangan tanah dengan metode elektrokinetik benda uji A

Keterangan	Titik				
	1	2	3	4	5
Pengembangan, S (%)	24,7	24,8	25,9	25,9	25,1

Keterangan: Hasil pengujian secara lengkap dapat dilihat pada lampiran B

Nilai maksimum pengembangan tanah dengan metode elektrokinetik benda uji B terdapat pada titik 3 sebesar 19,9%, sedangkan nilai pengembangan terdapat pada titik 1 sebesar 18,5% (lihat Gambar 4.3 dan Tabel 4.3).



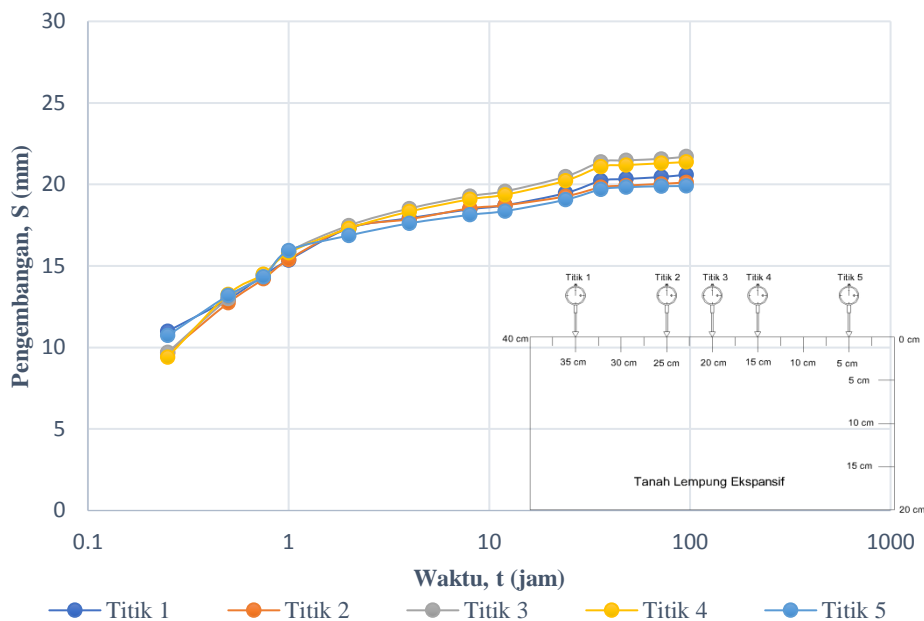
Gambar 4. 3 Kurva pengembangan tanah dengan metode elektrokinetik benda uji B

Tabel 4. 3 Hasil pengembangan tanah dengan metode elektrokinetik benda uji B

Keterangan	Titik				
	1	2	3	4	5
Pengembangan, S (%)	18,5	19,3	19,9	19,2	19

Keterangan: Hasil pengujian secara lengkap dapat dilihat pada lampiran B

Nilai maksimum pengembangan tanah dengan metode elektrokinetik benda uji C terdapat pada titik 4 sebesar 21,3%, sedangkan nilai pengembangan terdapat pada titik 5 sebesar 19,9% (lihat Gambar 4.4 dan Tabel 4.4).



Gambar 4. 4 Kurva pengembangan dengan metode elektrokinetik benda uji C

Tabel 4. 4 Hasil pengembangan tanah dengan metode elektrokinetik benda uji C

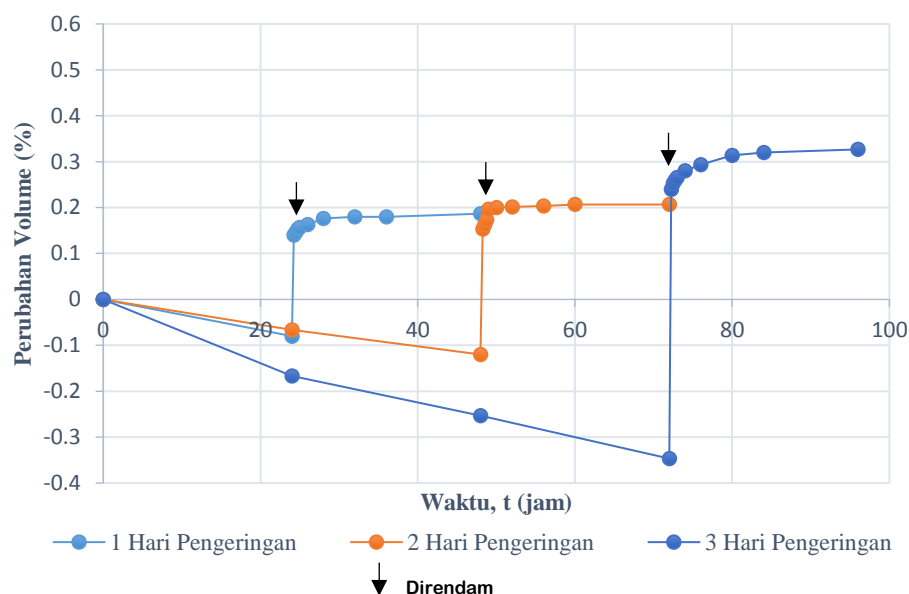
Keterangan	Titik				
	1	2	3	4	5
Pengembangan, S (%)	20,6	20,1	21,7	21,3	19,9

Keterangan: Hasil pengujian secara lengkap dapat dilihat pada lampiran B

3. Pengeringan dan Pengembangan (*Swelling*) Tanah Lempung Ekspansif Pasca Metode Elektrokinetik Tanpa Pemberian Arus Listrik

Pengujian pengeringan tanah lempung ekspansif pasca metode elektrokinetik dilakukan dalam 3 kondisi, yaitu 3 hari pengeringan diikuti 1 hari perendaman (benda uji A), 2 hari pengeringan diikuti 1 hari perendaman (benda uji B), dan 1 hari pengeringan diikuti 1 hari perendaman (benda uji C). Pengujian pengeringan dan pengembangan diamati sebanyak 5 titik pada setiap letak *dial gauge* dengan jarak 5 cm antara anoda (+) dan katoda (-) disajikan pada grafik perubahan volume terhadap waktu. Dari grafik dapat diketahui bahwa semakin lama proses pengeringan tanah pengembangan yang terjadi semakin besar.

Nilai maksimum pengujian pengeringan tanah pasca elektrokinetik pada titik 1, yaitu pengeringan selama 1 hari pengembangan sebesar 0,19%, pengeringan tanah selama 2 hari pengembangan sebesar 0,21%, dan pengeringan tanah selama 3 hari pengembangan sebesar 0,33% (lihat Gambar 4.5 dan Tabel 4.5).



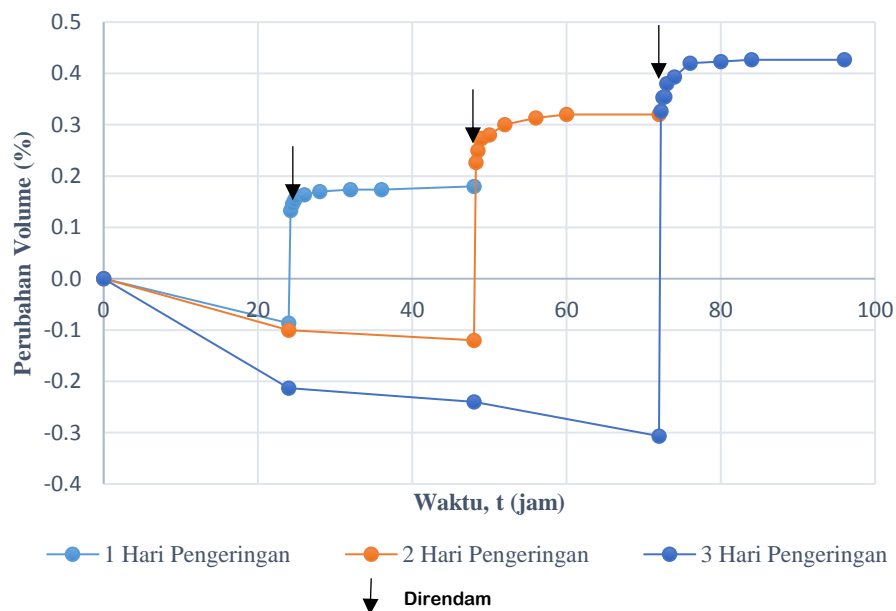
Gambar 4. 5 Kurva pengeringan dan pengembangan pasca elektrokinetik pada titik 1.

Tabel 4. 5 Hasil pengeringan dan pengembangan tanah pasca elektrokinetik pada titik 1

Keterangan	Pengeringan (Hari)		
	1	2	3
Pengembangan, S (%)	0,19	0,21	0,33

Keterangan: Hasil pengujian secara lengkap dapat dilihat pada lampiran C

Nilai maksimum pengujian pengeringan tanah pasca elektrokinetik pada titik 2, yaitu pengeringan selama 1 hari pengembangan sebesar 0,18%, pengeringan tanah selama 2 hari pengembangan sebesar 0,32%, dan pengeringan tanah selama 3 hari pengembangan sebesar 0,45% pada titik 2 (lihat Gambar 4.6 dan Tabel 4.6).



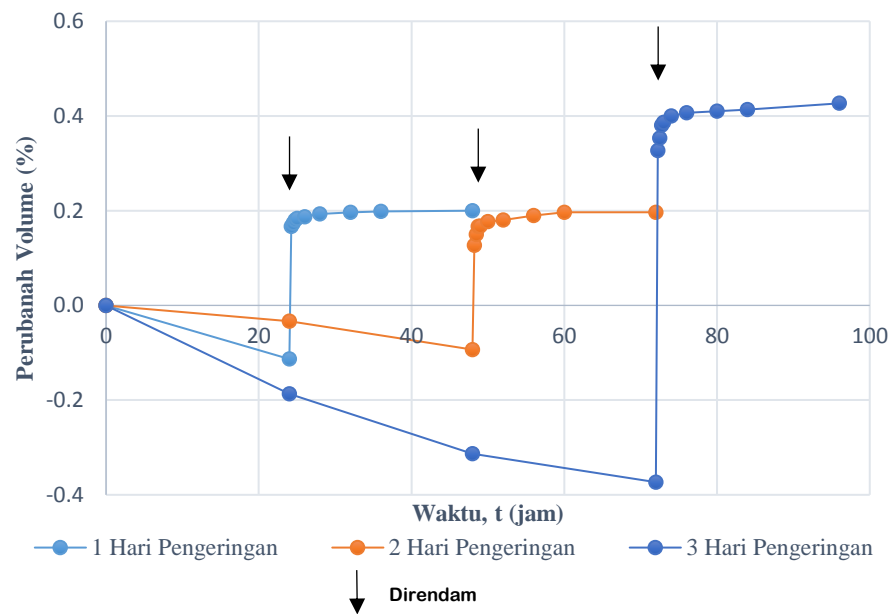
Gambar 4. 6 Kurva pengeringan dan pengembangan pasca elektrokinetik pada titik 2

Tabel 4. 6 Hasil pengeringan dan pengembangan tanah pasca elektrokinetik

Keterangan	Pengeringan (Hari)		
	1	2	3
Pengembangan, S (%)	0,18	0,32	0,45

Keterangan: Hasil pengujian secara lengkap dapat dilihat pada lampiran C

Nilai maksimum pengujian pengeringan tanah pasca elektrokinetik pada titik 3, yaitu selama 1 hari pengembangan sebesar 0,2%, pengeringan tanah selama 2 pengembangan sebesar 0,2%, dan pengeringan tanah selama 3 hari pengembangan sebesar 0,43% (lihat Gambar 4.7 dan Tabel 4.7).



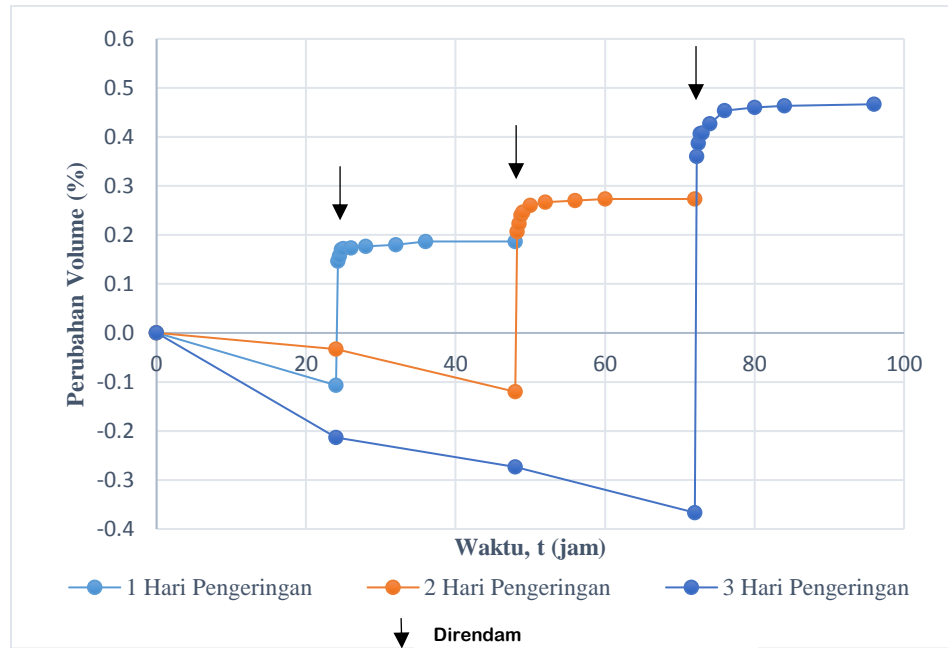
Gambar 4. 7 Kurva pengeringan dan pengembangan pasca elektrokinetik pada titik 3.

Tabel 4. 7 Hasil pengeringan dan pengembangan tanah pasca elektrokinetik

Keterangan	Pengeringan (Hari)		
	1	2	3
Pengembangan, S (%)	0,2	0,2	0,43

Keterangan: Hasil pengujian secara lengkap dapat dilihat pada lampiran C

Nilai maksimum pengujian pengeringan tanah pasca elektrokinetik pada titik 4, yaitu selama 1 hari pengembangan sebesar 0,19%, pengeringan tanah selama 2 hari pengembangan sebesar 0,27%, dan pengeringan tanah selama 3 hari pengembangan sebesar 0,47% (lihat Gambar 4.8 dan Tabel 4.8).



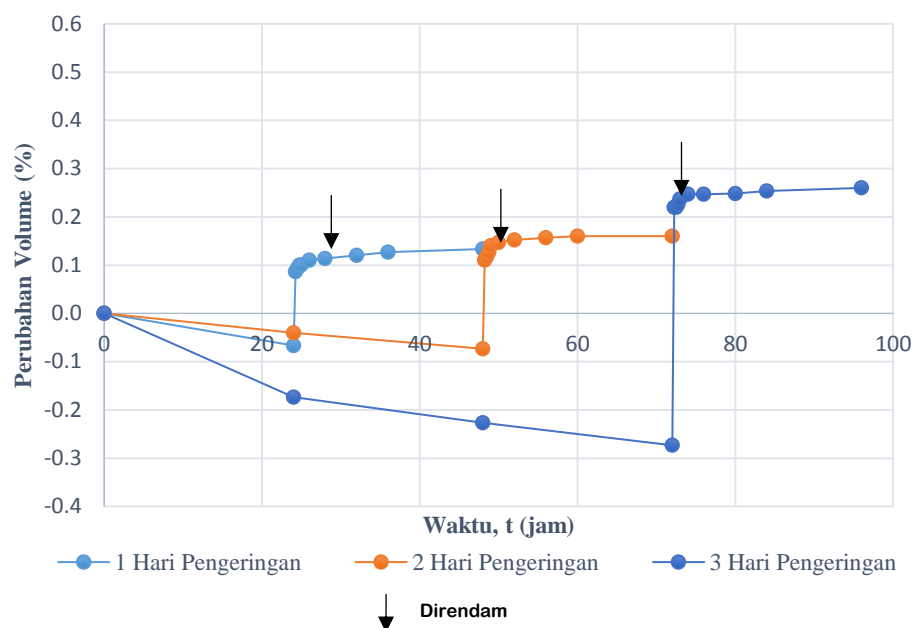
Gambar 4. 8 Kurva pengeringan dan pengembangan pasca elektrokinetik pada titik 4.

Tabel 4. 8 Hasil pengeringan dan pengembangan tanah pasca elektrokinetik

Keterangan	Pengeringan (Hari)		
	1	2	3
Pengembangan, S (%)	0,19	0,27	0,47

Keterangan: Hasil pengujian secara lengkap dapat dilihat pada lampiran C

Nilai maksimum pengujian pengeringan tanah pasca elektrokinetik pada titik 5, yaitu selama 1 hari pengembangan sebesar 0,13%, pengeringan tanah selama 2 hari pengembangan sebesar 0,16%, dan pengeringan tanah selama 3 hari pengembangan sebesar 0,26% (lihat Gambar 4.9 dan Tabel 4.9).



Gambar 4. 9 Kurva pengeringan dan pengembangan pasca elektrokinetik pada titik 5

Tabel 4. 9 Hasil pengeringan dan pengembangan tanah pasca elektrokinetik

Keterangan	Pengeringan (Hari)		
	1	2	3
Pengembangan, S (%)	0,13	0,16	0,26

Keterangan: Hasil pengujian secara lengkap dapat dilihat pada lampiran C

4. Kadar Air Pasca Pengujian Elektrokinetik

Pengujian kadar air dilakukan setelah pengujian pengeringan elektrokinetik untuk setiap lamanya pengeringan tanah selama 3 hari pengeringan (benda uji A), 2 hari pengeringan (benda uji B), dan 1 hari pengeringan (benda uji C) maupun tanpa elektrokinetik. Jumlah air yang diberikan pada proses elektrokinetik selama 4 hari 8000 ml, selanjutnya tanah kembali diberi air selama 1 hari sebanyak 1500 ml yang diamati dalam 5 titik pada setiap letak *dial gauge* dengan jarak 5 cm antara anoda (+) dan katoda (-). Pengujian kadar air yang dilakukan diambil sampel pada kedalaman (0 cm) merupakan bagian atas, kedalaman (7,5 cm) bagian tengah, dan kedalaman (15

cm) bagian bawah. Berdasarkan tabel nilai kadar air pada kedalaman (0 cm) cenderung lebih besar dibandingkan kedalaman 7,5 cm dan 15 cm.

Nilai maksimum kadar air pada kedalaman (0 cm) sebesar 79,5% pada titik 2, pada kedalaman (7,5 cm) sebesar 57% pada titik 1, dan pada kedalaman (15 cm) sebesar 50,5% pada titik 1 (lihat Tabel 4.10).

Tabel 4. 10 Hasil pengujian kadar air tanpa elektrokinetik

Pengujian Kadar Air						
Kedalaman (cm)	Kadar Air Awal	Titik				
		1	2	3	4	5
0	14	75,8	79,5	75,4	75,9	76,7
7,5	14	57,0	56,9	52,5	54,4	56,1
15	14	50,5	48,1	49,7	50,3	50,2

Keterangan: Hasil pengujian secara lengkap dapat dilihat pada lampiran D

Nilai maksimum kadar air pada kedalaman (0 cm) sebesar 72,4% pada titik 3, pada kedalaman (7,5 cm) sebesar 63,7% pada titik 2, dan pada kedalaman (15 cm) sebesar 59,4% pada titik 2 (lihat Tabel 4.11).

Tabel 4. 11 Hasil pengujian kadar air pengeringan 1 hari

Pengujian Kadar Air						
Kedalaman (cm)	Kadar Air Awal	Titik				
		1	2	3	4	5
0	14	61,8	67,4	72,4	69,2	66,6
7,5	14	54,6	63,7	55,5	59,0	63,0
15	14	50,5	59,4	53,9	54,3	52,5

Keterangan: Hasil pengujian secara lengkap dapat dilihat pada lampiran D

Nilai maksimum kadar air pada kedalaman (0 cm) sebesar 68,8% pada titik 5, pada kedalaman (7,5 cm) sebesar 58,3% pada titik 4, dan pada kedalaman (15 cm) sebesar 50,3% pada titik 1 (lihat Tabel 4.12).

Tabel 4. 12 Hasil pengujian kadar air pengeringan 2 hari

Pengujian Kadar Air						
Kedalaman (cm)	Kadar Air Awal	Titik				
		1	2	3	4	5
0	14	66,5	66,1	63,6	65,2	68,8
7,5	14	52,5	57,9	49,7	58,3	49,3
15	14	50,3	49,0	46,2	45,2	44,2

Keterangan: Hasil pengujian secara lengkap dapat dilihat pada lampiran D

Nilai maksimum kadar air pada kedalaman (0 cm) sebesar 65,1% pada titik 1, pada kedalaman (7,5 cm) sebesar 56,7% pada titik 2, dan pada kedalaman (15 cm) sebesar 54% pada titik 1 (lihat Tabel 4.13).

Tabel 4. 13 Hasil pengujian kadar air pengeringan 3 hari

Pengujian Kadar Air						
Kedalaman (cm)	Kadar Air Awal	Titik				
		1	2	3	4	5
0	14	65,1	61,0	60,4	63,3	63,8
7,5	14	54,9	56,7	55,1	50,0	54,6
15	14	54,0	49,0	49,6	49,7	48,7

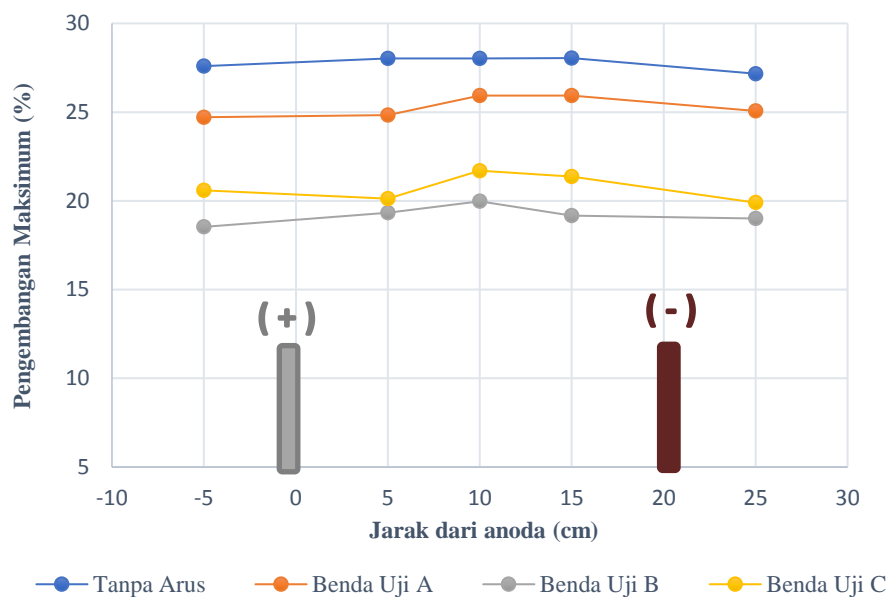
Keterangan: Hasil pengujian secara lengkap dapat dilihat pada lampiran D

B. Pembahasan

1. Pengaruh Metode Elektrokinetik terhadap Pengembangan Tanah

Pengujian tanpa elektrokinetik dan dengan elektrokinetik dilakukan selama 4 hari. Pada proses elektrokinetik dimasukkan dua buah elektroda pada kedalaman 10 cm dengan tegangan listrik 12 volt dan arus 5A. Pengembangan tanah didapat dari perendaman benda uji dengan air sebesar 8000 ml dan pembacaan arloji diamati dalam 5 titik pada setiap letak *dial gauge* dengan jarak 5 cm antara elektroda. Pengujian dengan metode elektrokinetik dilakukan selama 3 kali percobaan, yaitu 3 hari pengeringan (benda uji A), 2 hari pengeringan (benda uji B), dan 1 hari pengeringan (benda uji C) sedangkan pengujian tanpa elektrokinetik dilakukan 1 kali percobaan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tanah yang diberi perlakuan elektrokinetik

pengembangannya lebih kecil dibandingkan tanpa proses elektrokinetik. Dapat dilihat dari hasil pengembangan maksimum dengan perlakuan elektrokinetik benda uji A sebesar 25,9% pada titik 3 dan 4, benda uji B sebesar 19,9% pada titik 3 dan benda uji C sebesar 21,7% pada titik 3. Sedangkan tanpa proses elektrokinetik mempunyai nilai pengembangan yang sangat tinggi sebesar 28% pada titik 4 (lihat Gambar 4.10).



Gambar 4. 10 Grafik pengembangan tanah tanpa elektrokinetik dan dengan elektrokinetik

2. Pengaruh Variasi Lamanya Pengeringan Tanah Pasca Proses Elektrokinetik tanpa Pemberian Arus Listrik

Pengujian pengeringan dan pengembangan tanah dilakukan setelah proses elektrokinetik tanpa pemberian arus listrik. Pengujian pengeringan tanah dilakukan selama 1, 2, dan 3 hari kemudian dilanjutkan dengan 1 hari penambahan air untuk mengetahui apakah setelah proses elektrokinetik tanah dapat menjaga pengembangan yang terjadi. Hasil pengujian menunjukkan semakin lama proses pengeringan tanah pengembangan yang terjadi semakin besar (lihat Gambar 4.5, Gambar 4.6, Gambar 4.7, Gambar 4.8 dan Gambar 4.9). Dapat dilihat dari hasil maksimum pengeringan selama 1 hari pengembangan sebesar 0,2% pada titik 3, pengeringan selama 2 hari

pengembangan sebesar 0,21% pada titik 1, dan pengeringan selama 3 hari pengembangan sebesar 0,43% pada titik 3. Dilihat dari hasil pengujian, pengeringan selama 1 dan 2 hari pasca elektrokinetik mampu menjaga pengembangan yang tidak terlalu besar, sedangkan pasca elektrokinetik 3 hari tanah mengembang cukup besar. Muntohar (2014) menjelaskan bahwa lempung yang sangat kering memiliki potensi pengembangan yang sangat tinggi. Pada kondisi tersebut, lempung dengan mudah menyerap air. Pada kondisi kadar air ini, lempung telah mengembang dan pengembangan berikutnya akan terjadi relatif kecil. Tanah lempung yang berada dalam kondisi basah dapat menjadi kering karena turunnya muka air tanah atau perubahan kondisi fisik lainnya, maka dalam keadaan ini lempung akan mengembang setelah mengalami pembasahan lagi.

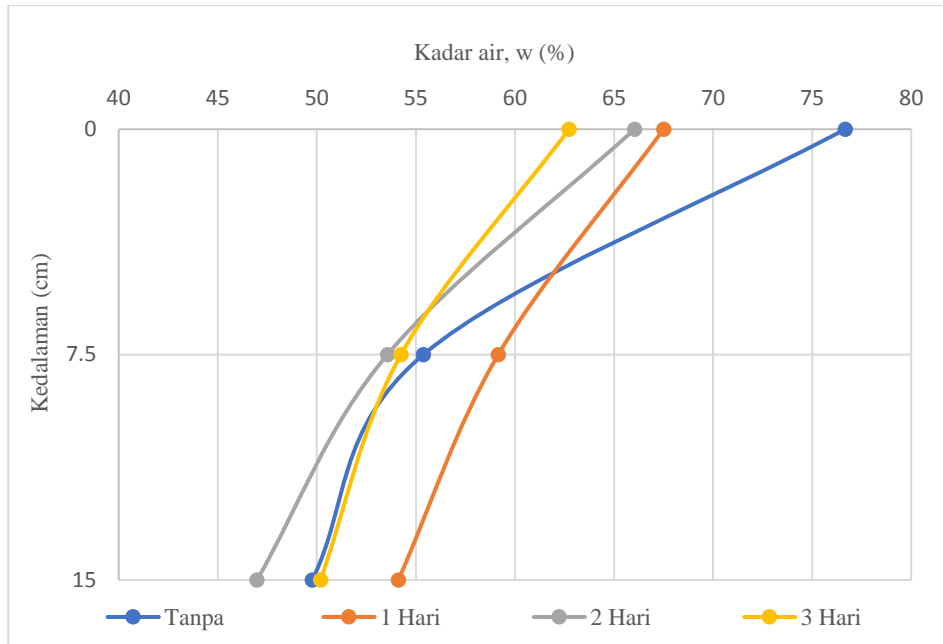
3. Pengaruh Kadar Air Pasca Elektrokinetik

Hasil pengujian kadar air pasca elektrokinetik untuk setiap lamanya pengeringan tanah dilakukan selama 3 hari (benda uji A), 2 hari (benda uji B), dan 1 hari (benda uji C) maupun tanpa elektrokinetik. Berdasarkan hasil pengujian kadar air rata-rata secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa kadar air pada kedalaman atas (0 cm) lebih besar dibandingkan kadar air bagian tengah (7,5 cm) maupun bagian bawah (15 cm). Hal ini karena pada bagian bawah (15 cm) berikatan langsung dengan elektroda, dimana arus listrik akan mengikat air tanah mengalir sehingga mengurangi air pada tanah lempung (Atmaja, 2013).

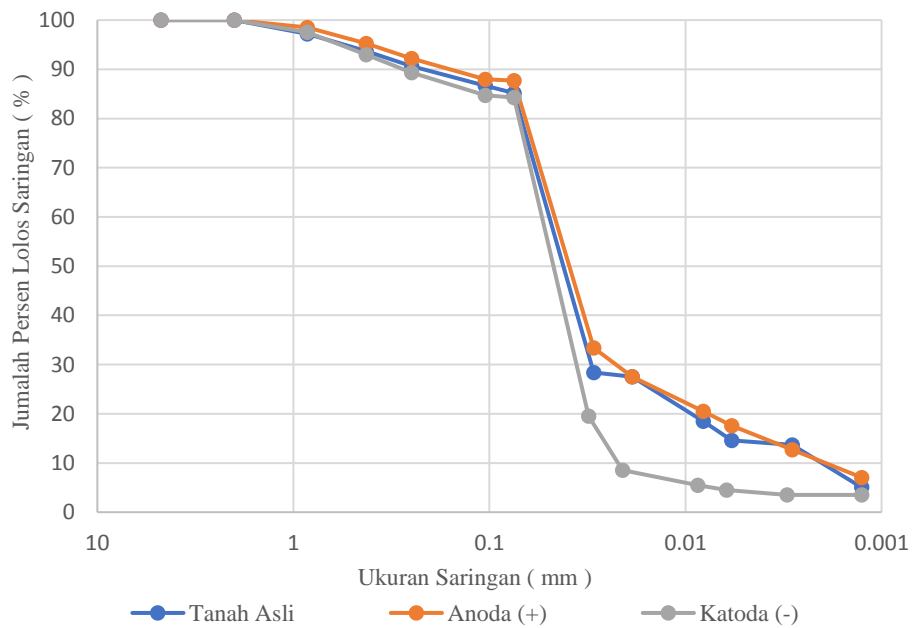
4. Pengaruh Distribusi Ukuran Butiran Tanah Pasca Elektrokinetik

Pengujian distribusi ukuran butir tanah dilakukan untuk mengetahui karakteristik tanah pasca elektrokinetik. Diambil dua sampel tanah bagian anoda dan katoda kemudian dilakukan uji laboratorium. Tanah yang diambil untuk uji laboratorium ini pada 2 hari pengeringan.

Hasil pengujian menunjukkan fraksi halus tanah asli 85,2%, fraksi halus pada anoda (+) sebesar 87,6% dari besi *stainless*, dan fraksi halus pada katoda (-) 84,3% dari tembaga (lihat Gambar 4.12).



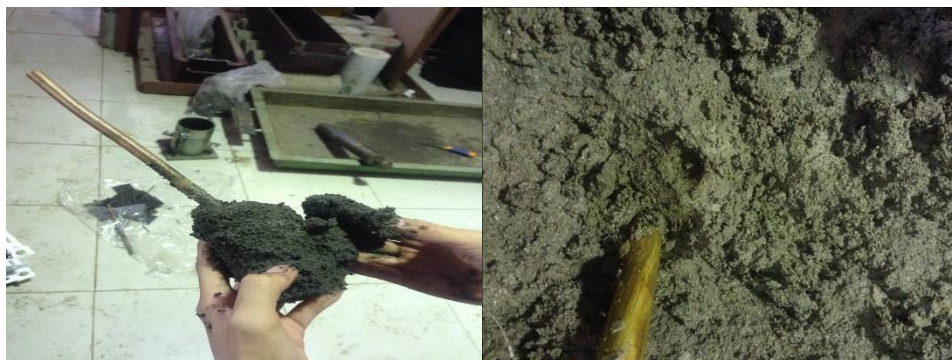
Gambar 4. 11 Kurva kadar air rata- rata



Gambar 4. 12 Grafik distribusi ukuran butir tanah pasca elektrokinetik

Dari hasil disimpulkan terjadinya penggumpalan sekitar katoda (lihat Gambar 13) dibandingkan daerah anoda (lihat Gambar 14). Penggumpalan yang terjadi di katoda (-) disebut proses flokulasi dan aglomerasi. Menurut

Muntohar (2014) flokulasi adalah proses dari perubahan struktur partikel lempung dari struktur yang orientasi partikelnya lebih acak, sedangkan aglomerasi merupakan pembesaran ukuran partikel yang terjadi dari flokulasi partikel-partikel lempung yang membentuk ikatan antar ujung dan permukaan partikel. Tjandra dan Wulandari (2006) menjelaskan bahwa pada saat anoda dan katoda di tanam ke dalam tanah yang dialiri arus listrik akan terjadi proses hidrolisis di elektron. Proses hidrolisis yaitu berpindahnya H^+ ke kutub katoda dan OH^- ke kutub anoda (*electromigration*) serta perpindahan air pori tanah dari anoda ke katoda yang akan meningkatkan daya dukung tanah disekitar anoda. Menurut Atmaja, dkk. (2013) metode elektroosmosis yaitu metode mengurangi kadar air tanah lempung dengan menggunakan arus listrik searah (DC) yang akan mengikat air membawanya dari elektroda anoda (+) ke katoda (-) yang akan menyebabkan air tanah akan mengalir yang mengurangi kadar air tanah lempung.



Gambar 4. 13 Pengumpulan tanah pada katoda pasca elektrokinetik



Gambar 4. 14 Tanah pada anoda pasca elektrokinetik